Rev. Acad. Canar. Cienc., Vol. XXVIII, 133-142 (diciembre de 2016)

Bioindicadores de contaminación en relación a un emisario submarino en Punta del Hidalgo (Tenerife, islas Canarias)

Lozano, E.*, J. Alcázar, G. Bardera, A. Sánchez S. M. Marí & M. Alduán

Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología
Facultad de Ciencias, Universidad de La Laguna (ULL)
*Autor de correspondencia: lozaenr@gmail.com
Alumno de Doctorado en Biodiversidad y Conservación de la ULL

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es comprobar el posible efecto perjudicial del emisario de la depuradora de La Punta del Hidalgo (Norte de Tenerife, Canarias) sobre el litoral circundante. Se seleccionaron diferentes zonas de charcos del intermareal, siguiendo un gradiente de cercanía al emisario. Las variables estudiadas fueron los niveles de pigmentación de *Palaemon elegans* (Rathke, 1837) carideo típico del intermareal rocoso canario, así como la proporción de *Anemonia sulcata* (Pennant, 1777) por volumen de charco, con el fin de demostrar si esta última especie puede ser utilizada como indicadora de contaminación en la región de estudio. Los resultados muestran que ambas variables marcan una clara distinción en la zona cercana al emisario, con mayores indicios de contaminación, respecto a las contiguas más alejadas. Se concluye que ambas variables son útiles, a la vez que novedosas, a la hora de realizar una primera aproximación sobre el estado de contaminación de estas aguas.

Palabras clave: contaminación marina, transparencia, pigmentación, bioindicador, *Palaemon elegans, Anemonia sulcata.*

ABSTRACT

The aim of this study is to reveal if there is a detrimental effect related to the sewage pipe of the purifying plant in Punta del Hidalgo (Tenerife, Canary Islands) on the surroundings coastal ecosystems. Different areas of intertidal pools were studied in relation to their degree of closeness to the outfall. The variables used were the pigmentation levels of *Palaemon elegans* (Rathke, 1837) a typical Caridean shrimp of the Canarian rocky intertidal zones, as well as the proportion of *Anemonia sulcata* (Pennant, 1777) per volume sea waters, in order to demonstrate if the latter species can be used as an indicator of con-

tamination in the region of study. The obtained results show that both variables make clear distinctions between the pools near the sewage pipe, with more evidences of pollution, and the ones located far in the adjoining remote areas. Therefore, we can conclude by saying that both variables are both useful and innovative as a first approximation to study the state of pollution of these waters.

Keywords: pollution, bioindicator, transparency, pigmentation, *Palaemon elegans, Anemonia sulcata*.

1. INTRODUCCIÓN

En el mapa mundial de impactos humanos sobre los ecosistemas marinos elaborado por HALPERN *et al.* (2008), Canarias aparece como zona de impacto medio-alto.

Importantes descargas se producen en relación a las depuradoras. La localidad de Punta del Hidalgo (La Laguna, Tenerife) ha sufrido un crecimiento demográfico que ha producido un aumento en el caudal diario recibido por la planta de tratamiento de aguas, llegando en ocasiones a superar los 950 m^3, según datos de la empresa gestora de aguas públicas Teideagua.

A 600 metros de la costa se encuentra un emisario submarino, de uso exclusivo para casos de emergencia relacionados con la capacidad de dicha instalación. Esta infraestructura ha sufrido numerosos desperfectos por los temporales que azotan las costas del norte de Tenerife, generando vertidos en ocasiones no depurados completamente y a menor distancia de costa (www.teidagua.com). Dichos vertidos pueden haber influido sobre distintos aspectos de organismos que habitan el litoral, al alterar parámetros físico-químicos de las aguas que habitan. Se plantea aquí la hipótesis de que esta contaminación esté afectando a los niveles de pigmentación de ciertos artrópodos.

Algunas especies de crustáceos presentan la capacidad de cambiar el color debido a causas endógenas o exógenas, procesos fisiológicos o morfológicos respectivamente, que les permiten una mejor adaptación al medio Por otro lado, los cambios morfológicos (incidencia de la luz) implican una reestructuración del número y distribución de los cromatóforos (FANJUL *et al.*, 1998; MCFARLAND & PICKENS, 1965; CARRANZA, 1994).

En el presente estudio se eligió la especie *Palaemon elegans* (Rathke, 1837), carideo abundante del infralitoral de las islas Canarias, tratándose de un organismo bentónico que puede llegar hasta los 5 metros de profundidad, y que vive sobre todo en los charcos ubicados en la zona intermareal de costas rocosas, presentando una coloración variable con un cuerpo casi transparente. Se plantea la hipótesis que los vertidos de la mencionada depuradora podrían estar afectando a estos animales en cuanto a su pigmentación corporal.

Paralelamente se utiliza la proporción de ^{15}N en la anémona *Anemonia sulcata* (Pennant, 1777) como indicador de vertidos de aguas residuales (DOLENEC *et al.*, 2005, 2006). En el presente trabajo se comprueba si existe afinidad de estos cnidarios por zonas de emisión de vertidos reflejada en una mayor proporción de ejemplares de la especie por charco en zonas más próximas al emisario submarino. Se consideraría, de ser cierto, un bioindicador de contaminación por compuestos de nitrógeno en la costa tinerfeña

Se evalúa el posible cambio de pigmentación —por contaminación— en ejemplares de *Palaemon elegans* de los charcos de la zona del intermareal de Punta del Hidalgo (Norte de Tenerife), así como la posibilidad de emplear *Anemonia sulcata* como bioindicador de contaminación en dicha zona.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Trabajo de campo

El estudio se realizó en el intermareal de las localidades de La Punta del Hidalgo (28°34'5.17"N 16°19'35.45"O) y La Finca del Apio (28°31'43.5"N 16°24'24.4"W), mediante muestreos diurnos diarios, en horas de bajamar, durante las dos últimas semanas de febrero de 2015. Se asignó un nivel de pigmentación a un total de 230 camarones procedentes de 23 charcos. La franja se dividió en 3 zonas según la distancia a dicho emisario, a ambos lados del mismo (fig. 1). Cada una de ellas estaba acotada por una distancia de 130 metros desde la contigua, partiendo desde el emisario (zona 1). También se incluyeron dos zonas más (4 y 5) para los controles. La zona 4 corresponde con la Punta del Hidalgo, en el Faro (28°34'35.03"N 16°19'43.71"O) y el Restaurante (28°34'41.46"N 16°19'23.74"O) y la zona 5 incluye los charcos muestreados en La Finca del Apio.



Figura 1.- Sectorización de la costa de Punta del Hidalgo en función de la distancia al emisario. Rojo: Charcos en Zona 1; Naranja: Charcos en Zona 2; Verde: Charcos en Zona 3 (Imagen obtenida con Google Earth).



Figura 2.- Niveles de pigmentación en *Palaemon elegans*: a: totalmente transparente, b: ligeramente opaco, c: totalmente opaco.

En cada zona se muestrearon charcos (3 a la izquierda y 3 a la derecha desde el emisario), excepto en las zonas 4 y 5 que se muestrearon 2 y 3 charcos respectivamente (fig. 1). Para cada charco, se determinó su volumen, midiendo la longitud, anchura y profundidad media. También se hizo un recuento del número total de anémonas (*Anemonia sulcata*) presentes. En relación a camarones, se determinó el nivel de pigmentación o transparencia de un total de 10 camarones estableciendo previamente 3 niveles de pigmentación distintos: 1-totalmente transparente, 2-ligeramente opaco, y 3-totalmente opaco (fig. 2). Se realizaron fotografías bajo condiciones tipificadas e *in situ* de cada ejemplar. Una vez examinados y fotografiados, fueron devueltos a sus charcos de origen.

2.2. Análisis de datos

Con los datos obtenidos se realizó un análisis univariante de la varianza por permutaciones (ANDERSON, 2001), a fin de conocer si la zona circundante al emisario tiene mayores niveles de contaminación que las zonas más alejadas (mediante la abundancia de *A. sulcata*) y si existe relación entre los niveles de coloración de *P. elegans* y la distancia al emisario.

Con el objetivo de determinar si existían diferencias en la variable *número de anémonas/volumen del charco*, dependiendo de la mayor o menor cercanía al emisario, se utilizó un diseño de una vía con el factor fijo *zona* (5 niveles de variación). Por otro lado, para determinar si existían diferencias en la variable *nivel de transparencia* con respecto a la distancia al emisario, se usó un diseño de dos vías con el factor fijo *zona* (5 niveles de variación) y el factor aleatorio *charco* (23 niveles de variación), el cual estaba anidado en *zona*. Se utilizaron las distancias euclídeas de cada variable estudiada y se aplicaron transformaciones de raíz cuarta a la hora de realizar las matrices de disimilitud. Los términos

significativos del modelo se analizaron mediante comparaciones *a posteriori* dos a dos (*pair-wise*) ejecutadas por permutaciones (ANDERSON, 2001). Cuando no se obtuvieron suficientes permutaciones para una prueba válida, los p-valores se corrigieron con el método de Monte Carlo.

Los análisis se llevaron a cabo con los paquetes estadísticos PRIMER 6 & PERMANOVA + v. 1.0.1, e IBM Statistic SPSS v. 22.0.

3. RESULTADOS

Los resultados a partir de los análisis (tabla 1) revelan que tanto los factores *zona* como *charco* tienen un efecto significativo sobre el nivel de transparencia de los individuos de *P. elegans* (p-valor <0,05). Los análisis *pair-wise* realizados *a posteriori* (tabla 2) mostraron que para la variable transparencia de *P. elegans* en la zona 1, se distingue claramente de las zonas 2 y 3 (p-valores Monte Carlo <0,05). Podemos corroborar estas diferencias mediante un gráfico de barras de la transparencia de *P. elegans* en las distintas zonas de muestreo (fig. 3).

Por otro lado, la variable que relaciona el número de anémonas por litro de agua en el charco se encuentra claramente influenciada por el factor zona (p-valor <0,01)(tabla 1). Dicha variable también muestra una diferencia clara en los análisis *pair-wise* realizados *a posteriori* (tabla 3) de la zona 1 respecto a las otras cuatro zonas muestreadas (zonas 2 a 5) (p-valores MC <0,05), tal como se puede apreciar en la fig. 4.

Tabla 1.- Resultados de diseños PERMANOVA analizando la transparencia de los ejemplares de *Palaemon elegans* y ejemplares de *Anemonia sulcata* por litro según los distintos factores y niveles muestreados. Se resaltan los valores significativos (p < 0.05). df: Grados de libertad; SS: Desviación Estándar; MS: Media Estándar; Pseudo-F: Índice Pseudo-F; P(perm): P-valor siguiendo el método de las permutaciones; Permutaciones: Permutaciones realizadas; P(MC): P-valor siguiendo el método de Monte-Carlo.

Variable	Factor	df	SS	MS	Pseudo-F	P (perm)	Permu-taciones	P (MC)
Transparencia *P. elegans*	Zona	4	7,2845 E-2	1,8211E-2	3,0035	0,049	4916	0,0444
	Charco (Zona)	18	0,10914	6,0634E-3	1,7002	0,0364	4989	0,0416
	Residual	207	0,73822	3,5663E-3				
	Total	229	0,9202					
A. sulcata/L	Zona	4	0,1102	0,02754	9,9233	0,002	4987	0,0002
	Residual	18	0,0499	0,002776				
	Total	22	0,16017					

Tabla 2.- Análisis *pair-wise* para determinar diferencias de la variable transparencia de los ejemplares, mediante la aplicación del factor *zona*. Se resaltan los valores significativos (p < 0.05). t: t de Student; P(perm): P-valor siguiendo el método de las permutaciones; Permutaciones: Permutaciones realizadas; P(MC): P-valor siguiendo el método de Monte-Carlo.

Pair-wise test, factor Zona, variable Transparencia				
Grupos	T	P (perm)	Permutaciones	P (MC)
1 2	2,7013	0,0338	69	0,028
1 3	3,038	0,0212	109	0,0138
1 4	0,65926	0,5396	26	0,543
1 5	1,7535	0,1598	46	0,1242
2 3	0,6868	0,4992	67	0,5112
2 4	1,3566	0,2604	18	0,232
2 5	0,36566	0,825	30	0,7278
3 4	1,541	0,1406	26	0,1732
3 5	0,82539	0,4744	31	0,4442
4 5	0,85718	0,6052	7	0,4422

Tabla 3.- Análisis *pair-wise* para determinar diferencias de la variable anémonas por litro, mediante la aplicación del factor *zona*. Se resaltan los valores significativos (p < 0.05). t: t de Student; P(perm): P-valor siguiendo el método de las permutaciones; Permutaciones: Permutaciones realizadas; P(MC): P-valor siguiendo el método de Monte-Carlo.

Pair-wise test, factor Zona, variable Anémonas/L				
Grupos	t	P (perm)	Permutaciones	P (MC)
1 2	3,2039	0,009	461	0,0086
1 3	4,6412	0,0022	119	0,001
1 4	2,7903	0,0734	22	0,0302
1 5	3,0601	0,025	63	0,0172
2 3	2,088	0,0754	63	0,0678
2 4	1,6147	0,1842	16	0,148
2 5	1,2243	0,2854	42	0,2614
3 4	0,86216	0,7874	4	0,4374
3 5	0,34673	0,6466	8	0,738

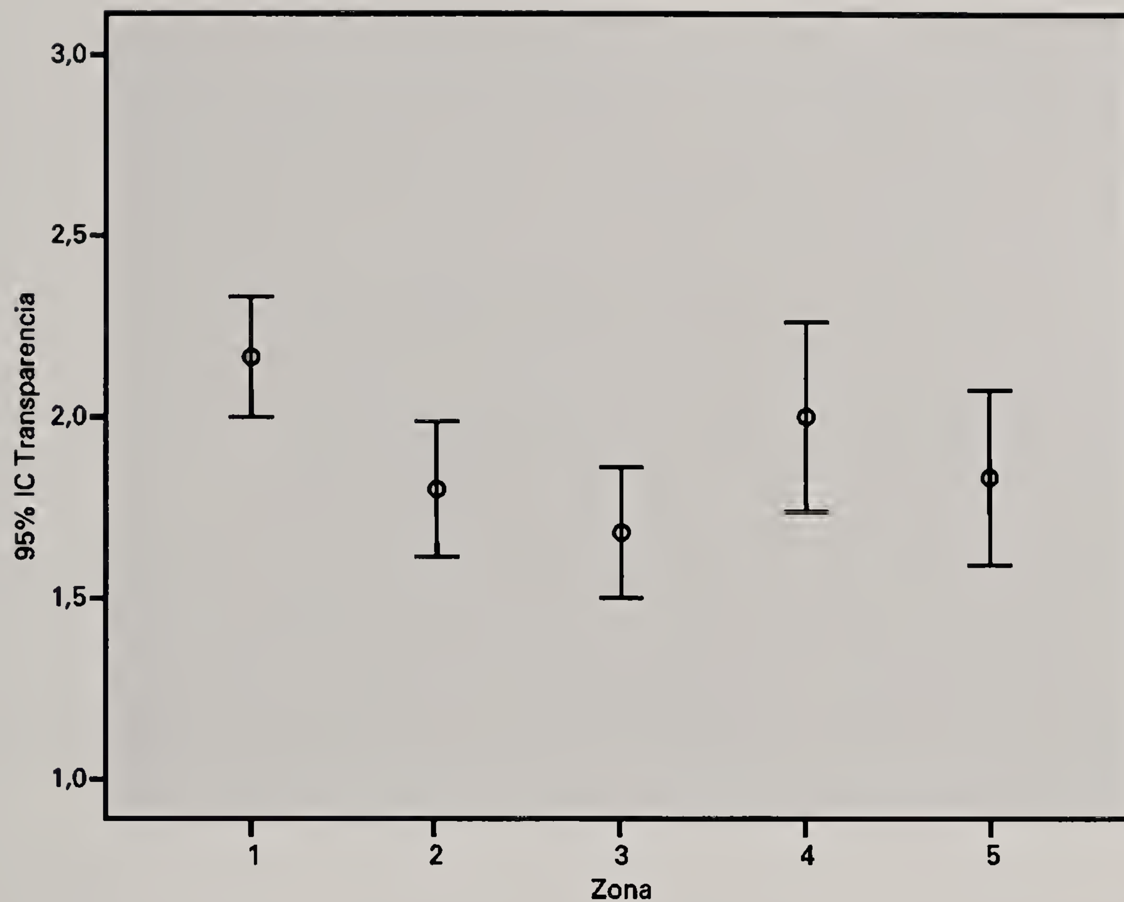


Figura 3.- Gráfico de barras de error, indicando el valor medio de transparencia en cada zona como un círculo, con un intervalo de confianza del 95%. Se observa una distinción clara entre los niveles de transparencia de *P. elegans* de la zona 1 respecto a las zonas 2 y 3.

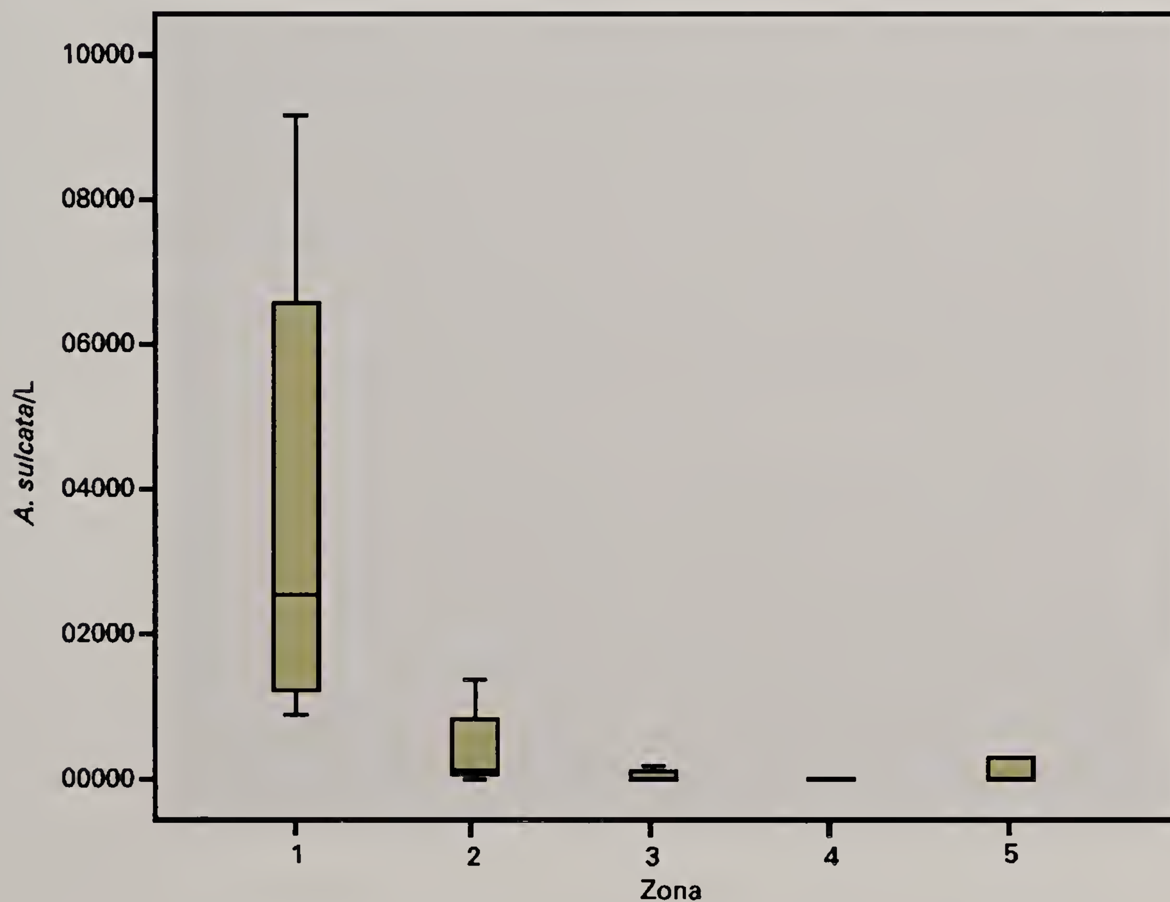


Figura 4.- Diagrama de cajas que representan la variable de anémonas por litro para cada zona de muestreo. Puede observarse la clara diferencia de la zona 1 respecto al resto de zonas.

4. DISCUSIÓN

Aunque las referencias al tema son escasas, sí se han realizado algunos estudios sobre incidencia de la contaminación en aspectos fisiológicos de crustáceos decápodos. La biología de especies del género *Palaemon* se ve alterada por contaminación de origen humano, según PENHA-LOPES *et al.* (2011) demostraron para poblaciones de *Palaemon concinnus* Dana, 1852 en la costa de Mozambique (África). En dicha localización, las poblaciones de esta especie, cercanas a vertidos de aguas residuales en baja concentración, se veían favorecidas en cuanto al tamaño de los individuos, su fertilidad y viabilidad de embriones, mientras que se veían más afectados por parasitación.

Por otra parte, estudios relacionados con decápodos de interés en la acuicultura como *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) de la familia *Penaeoidea* Rafinesque, 1815, demuestran que elevados niveles de nitrato les resultan perjudiciales, conllevando impactos negativos en su supervivencia y tasa de crecimiento, nitratos por encima de las 220 ppm, si bien esta toxicidad del nitrato disminuye con el aumento de la salinidad del medio (KUHN *et al.*, 2010).

Todo esto parece indicar que bajos niveles de contaminación pueden resultar beneficiosos hasta cierto límite para algunos decápodos, pudiendo llegar a influir sobre la fisiología de estos animales, planteando incluso la posibilidad de modificar su nivel de pigmentación como parece suceder en Punta del Hidalgo con *P. elegans*.

Los resultados obtenidos permiten constatar que ambas variables, transparencia de *P. elegans* y el número de anémonas por volumen de charco, muestran una variación significativa entre las zonas costeras establecidas según la distancia al emisario submarino de Punta del Hidalgo (norte de Tenerife).

Estos resultados indican que el nivel de pigmentación de *P. elegans* puede utilizarse en esta zona como bioindicador de contaminación. Como se puede observar en la tabla 1, estos cambios de transparencia muestran diferencias significativas entre los charcos cercanos al emisario (zona 1) y los charcos ubicados en zonas más alejadas (zona 2 y 3). Los resultados respecto a las zonas 4 y 5 (Restaurante y Faro de Punta Hidalgo, y Finca del Apio, respectivamente) no se ajustan a la tendencia observada en torno al emisario submarino de Punta del Hidalgo (fig. 3). Esto se atribuye a la cercanía de otros agentes emisores, como los propios edificios, restaurante, la residencia de la Finca y cultivos plataneros, los cuales podrían estar emitiendo contaminantes al medio, alterando los niveles de pigmentación de los camarones.

De forma paralela, queda validada la utilidad, como bioindicador de contaminación por vertidos de aguas antrópicas, la presencia de *A. sulcata* en los charcos del intermareal para la zona de estudio. Se deduce de las diferencias existentes en la proporción de ejemplares de esta especie entre los charcos cercanos al emisario, donde es elevada, y los charcos más alejados en la Punta del Hidalgo, donde es claramente inferior (tabla 2 y fig. 4). Este antozoo podría emplearse para detectar y monitorear vertidos de aguas de origen antrópico en las costas de Tenerife, sin necesidad de utilizar otros métodos, caso de estudios isotópicos de comparación del contenido de ^{15}N entre ejemplares de esta anémona en distintas regiones (DOLENEC *et al.*, 2005, 2006).

No ha podido verificarse de una forma adecuada un sistema de gradiente a medida que nos separamos del emisario (debido a la baja significación de los resultados en las

zonas 2 y 3). Existe la posibilidad de que el escape del contaminante tenga un radio de acción muy reducido y que afecte de forma muy local a la zona 1; o bien, que la dilución del contaminante, a medida que se distancia de su foco emisor, haga imposible detectar niveles de contaminación de forma precisa como ocurre con la transparencia de *P. elegans*.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecer al profesor J. C. Hernández, del Dpto. de Biología Animal, Edafología y Geología de la Universidad de la Laguna (ULL), por sus sugerencias y ayuda durante la planificación y desarrollo del trabajo de campo y a la hora de elaborar el presente artículo, fruto de un proyecto práctico dentro del Máster de Biología Marina: Biodiversidad y Conservación de la ULL. También agradecer a dicha universidad por ofrecernos temporalmente su licencia de Primer 6 e IBM SPSS 22.0 para realizar el análisis estadístico de nuestros datos y su representación gráfica.

6. BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, M. J. 2001. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 626-639.

CARRANZA, J. 1994. *Etología. Introducción a la Ciencia del Comportamiento*. Universidad de Extremadura. 590 pp.

DOLENEC, T., VOKAL, B. & DOLENEC, M. 2005. Nitrogen- 15 signals of anthropogenic nutrient loading in *Anemonia sulcata* as a possible indicator of human sewage impacts on marine coastal ecosystems: a case study of Pirovac Bay and the Murter Sea (Central Adriatic). *Crotatica Chemica Acta*, 78 (4): 593-600.

DOLENEC, T., LOJEN, S., KNIEWALD, G., DOLENEC, M & ROGAN, N. 2006. $\delta^{15}N$ of particulate organic matter and *Anemonia sulcata* as a tracer of sewage effluent transport in the marine coastal ecosystem of Pirovac Bay and the Murter Sea (Central Adriatic). *Materials and Geoenvironment*, 53 (1): 1-13.

FANJUL, M.L., HIRIART, M. y FERNÁNDEZ DE MIGUEL, F. 1998. Biología funcional de los animales. *Siglo veintiuno editores*. 244 pp.

HALPERN, B. S., WALBRIDGE, S., SELKOE, K. A., KAPPEL, C. V., MICHELI, F., D'AGROSA, C., BRUNO, J. F., CASEY, K. S., EBERT, C., FOX, H. E., FUJITA, R., HEINEMANN, D., LENIHAN, H. S., MADIN, E. M. P., PERRY, M. T., SELIG, E. R., SPALDING, M., STENECK, R. & WATSON, R. 2008. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science*, 319: 948-952.

KUHN, D.D., SMITH, S.A., BOARDMAN, G.D., ANGIER, M.W., MARSH, L. & FLICK JR., G.J. 2010. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. *Aquaculture*, 309: 109-114.

MCFARLAND, W.N. & PICKENS, P.E. 1965. The effect of season, temperature, and salinity on standard and active oxygen consumption of the grass shrimp, *Palaemonetes vulgaris*. *Canadian Journal of Zoology*, 43:571-585.

PENHA-LOPES, G., TORRES, P., CANNICCI, S., NARCISO, L. & PAULA, J. 2011. Monitoring anthropogenic sewage pollution on mangrove creeks in southern Mozambique: A test of *Palaemon concinnus* Dana, 1852 (Palaemonidae) as a biological indicator. *Environmental Pollution*, 159: 636-645.

Páginas web
http://www.teidagua.com Visitada el 7/10/2016

Fecha de recepción: 30 de agosto de 2016 / **Fecha de aceptación:** 18 de octubre de 2016